



#3

PATENT
03591-P0001A WWW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant	Adalbert Bandemer
Serial No. 09/849,080	Filing Date: May 4, 2001
Title of Application	PMD Emulator
Group Art Unit 2872	Examiner

Assistant Commissioner for Patents
Washington, DC 20231**Submission of Priority Document**

Dear Sir:

Applicant hereby encloses a certified copy of priority document DE 100 33 820.9 to perfect claim to priority.

Respectfully submitted,

Wesley W. Whitmyer, Jr., Registration No. 33,558
Attorney for Applicant
ST.ONGE STEWARD JOHNSTON & REENS LLC
986 Bedford Street
Stamford, CT 06905-5619
203 324-6155

Mailing Certificate: I hereby certify that this correspondence is today being deposited with the U.S. Postal Service as *First Class Mail* in an envelope addressed to: Commissioner for Patents and Trademarks; Washington, DC 20231.

August 9, 2001

Diane Rice

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 33 820.8

Anmeldetag: 12. Juli 2000

Anmelder/Inhaber: Dr. Adalbert B a n d e m e r, München/DE

Bezeichnung: Emulator für PMD 2.ter Ordnung

Priorität: 04.03.2000 DE 100 10 677.3
06.05.2000 DE 100 21 835.0
06.05.2000 DE 100 21 836.9

IPC: G 02 B 27/28

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner

Dr. Münich & Kollegen

Anwaltskanzlei

Dr. Münich & Kollegen, Anwaltskanzlei
Wilhelm-Mayr-Str. 11, D-80689 München

Telefon: (+49) (0)89 / 54 67 00-0
Telefax: (+49) (0)89 / 54 67 00-49, -99

An das
Deutsche Patent- und
Markenamt

80297 München

Patentanwälte /
European Patent & Trademark Attorneys
Dr. rer. nat. Wilhelm-L. Münich, Dipl.-Phys.
Manfred Schulz, Dipl.-Ing. (FH)

Rechtsanwälte
Dr. jur. Walter O. Schiller †

Unser Zeichen: PRO 2000/04 II

Neue deutsche Patentanmeldung

Anmelder: Dr. Adalbert Bandemer
München

Bezeichnung: Emulator für PMD 2.ter Ordnung

Priorität: DE 100 10 677.3, 4.3.2000
DE 100 21 835.0, 6.5.2000
DE 100 21 836.9, 6.5.2000

BESCHREIBUNG

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Erzeugung einer vorgebbaren Polarisations-Moden-Dispersion (PMD) gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Anordnungen werden beispielsweise zur Erzeugung einer bestimmten PMD für Meß- oder Prüfsysteme oder zur Kompensation PMD-bedingter Verzerrungen in optischen Transmissionssystemen und insbesondere Transmissionsfasern benötigt.

Da jede Glasfaser ungewollt in geringem Umfange doppelbrechend ist, laufen Lichtsignale unterschiedlicher Polarisation mit verschiedenen Gruppengeschwindigkeiten durch die Glasfaser. Beim Empfänger kommen die Lichtanteile unterschiedlicher Polarisation daher zeitlich gegeneinander verzögert an; dieser Laufzeiteffekt führt zu einer Verbreiterung des empfangenen Signals und damit zu einer Beeinträchtigung der Übertragungsqualität. Dies kann insbesondere zu einer Erhöhung der Bitfehlerrate führen.

Die Polarisations-Moden-Dispersion umfaßt alle polarisationsabhängigen Laufzeiteffekte, bei denen sich die Signalausbreitung vollständig durch das Ausbreitungsverhalten zweier voneinander unabhängiger und zueinander orthogonaler Polarisationsmoden beschreiben läßt. Da sich

die Doppelbrechung durch äußere Einflüsse, wie Temperatur und mechanische Belastung ständig ändert, und zudem von der Wellenlänge abhängt, verändert sich permanent sowohl die Lage der „principal states of polarisation“ (PSP) als auch die Laufzeitdifferenz zwischen den PSP's. Dies bezeichnet man auch als Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung.

Aus den genannten Effekten resultiert ein zeitlich fluktuierendes wellenlängenabhängiges PMD-Verhalten mit Zeitkonstanten im Minutenbereich.

Stand der Technik

Eine bekannte Anordnung, von der bei der Formulierung des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 ausgegangen wird, weist ein erstes Polarisationsplitter/combiner-Element, das das ankommende Signal in zwei Signale mit zueinander senkrechter Polarisationsrichtung aufspaltet, eine Verzögerungseinheit, die in einer der Signalstrecken der beiden (aufgespaltenen) Signale angeordnet ist, und ein zweites Polarisationsplitter/combiner-Element auf, das die beiden getrennten Signale wieder zusammenführt.

Diese bekannte Anordnung hat den Nachteil, daß sie lediglich die Kompensation PMD-bedingter Verzerrungen erster Ordnung erlaubt. Gerade bei langen Übertragungsstrecken spielen jedoch PMD-bedingter Verzerrungen 2. Ordnung eine erhebliche Rolle.

Eine weitere bekannte Anordnung zur PMD-Emulation ist beispielsweise eine Anordnung von PM-Fasern mit unterschiedlichen oder gleichen Gruppenlaufzeiten, denen jeweils eine Polarisationstransformationseinheit vorgeschaltet ist.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Erzeugung einer vorgebbaren Polarisations-Moden-Dispersion anzugeben, die auch die Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung erlaubt, und die die PMD einer realen Transmissionsfaser möglichst exakt nachbildet.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 folgende.

Erfindungsgemäß wird zur Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion, die der PMD zweiter Ordnung einer realen Faser entspricht, von einer Anordnung gemäß dem Oberbegriff ausgegangen; diese gattungsgemäße Anordnung wird dadurch weitergebildet, daß ein Element vorgesehen ist, das die Polarisations-Hauptachsen vor und hinter dem Element um einen geeigneten Winkel zueinander verdreht. Das aus diesem Element austretende Lichtsignal wird erfindungsgemäß in eine Anordnung eingespeist, die ebenfalls aus einem Polarisationsplitter/combiner-Element, einer Verzögerungsstrecke und einem weiteren Polarisationsplitter/combiner-Element zum Zusammenführen der beiden

Signalstrecken besteht. Mit dieser Anordnung ist zusätzlich zur Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion erster Ordnung auch die Erzeugung einer Dispersion zweiter Ordnung möglich. Von besonderem Vorteil ist es, daß es - ausgehend von einer Anordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 - nicht einmal erforderlich ist, zusätzliche Bauelemente, die die Kosten erhöhen würden, zu verwenden. Vielmehr ist es möglich, die erfindungsgemäße Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung dadurch zu erhalten, daß der nicht benutzte Eingangsanschluß des zweiten Polarisationsplitter/combiner-Elements als Eingangsanschluß für das Signal dient. Dieses Signal durchläuft dann die Verzögerungsstrecke und den ersten Polarisationsstrahlteiler in Gegenrichtung zum ankommenden Signal. Am vierten Tor des ersten Polarisationsplitter/combiner-Elements wird dieses Signal dann ausgekoppelt. Das ausgekoppelte Signal weist dann die gewünschte Polarisations-Moden-Dispersion erster und zweiter Ordnung auf.

Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung ist, daß zur Einstellung der PMD 2.ter Ordnung lediglich ein einziger Stellwert, nämlich die Länge der Verzögerungsleitung vorgegeben werden muß.

Weiter ist es bevorzugt, wenn der Winkel, um den das Element die Polarisations-Hauptachsen gegeneinander verdreht, einstellbar ist. Hierdurch ist es möglich, die Steilheit der Principal State of Polarisation (PSP) sowie das Verhältnis der Polarisations-Moden-Dispersion

(PMD) 1. und 2. Ordnung einzustellen. Als besonders geeignet hat es sich herausgestellt, einen Winkel von ca. $22,5^\circ$ zu wählen. Bei einem derartigen Winkel ist das statistische Verhältnis zwischen PMD 1. und PMD 2. Ordnung dem einer realen Transmissionsfaser in optischen Netzwerken praktisch vollständig angepaßt.

Als Verzögerungsstrecken können die verschiedensten bekannten Lösungen eingesetzt werden. Beispielsweise ist es möglich, daß die Verzögerungsstrecke optisch oder elektrisch realisiert wird. Bei einer optischen Realisierung wird der Strahl in der Verzögerungsstrecke als Freistrahlführt. Zur Einstellung der Verzögerung wird die Weglänge geändert, über die der Strahl als Freistrahlführt wird.

Bei einer weiteren Realisierung der Verzögerungsstrecke werden die Fasern mechanischen Kräften ausgesetzt, so daß sich die optischen Parameter der Fasern ändern.

Auch die Einstellung des Winkels, um den die Hauptachsen zueinander bzw. gegeneinander verdreht werden, kann auf die verschiedensten Arten erfolgen:

So ist es möglich, daß zur Einstellung des Winkels zwei PM-Fasern unter einem dem einzustellenden Winkel entsprechenden Winkel miteinander verspleist werden. Ferner können zur Einstellung des Winkels optische Schleifringe und/oder Wellenplatten eingesetzt werden.

Als Polarisationsplitter/combiner-Elemente können die verschiedensten Elemente eingesetzt werden, wie sie derzeit auf dem Markt erhältlich sind. Beispielsweise können die Elemente als PBS-Würfel oder als all-in-faser-Elemente ausgeführt sein.

In jedem Falle ist es jedoch bevorzugt, wenn alle Lichtwege polarisationserhaltend sind. Dies kann beispielsweise dadurch realisiert werden, daß Freistrahllwege und/oder PM-Fasern die Lichtwege bilden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, in der zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Anordnung zur Erzeugung einer vorgebbaren Polarisations-Moden-Dispersion.

Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung, die ein erstes Polarisationsplitter/combiner-Element 1, auf dessen Anschluß 11 das ankommende Lichtsignal auftrifft. Das Element 1 kann insbesondere ein Polarisationsplitter/combiner-Element ein PBS-Würfel oder ein all-in-faser-Element sein. Das Element 1 spaltet das ankommende Signal in zwei Signale mit zueinander senkrechter Polarisationsrichtung auf. In der einen Signalstrecke 21 ist eine Verzögerungseinheit 23 angeordnet, die das entspre-

chende Lichtsignal um einen geeigneten Wert verzögert. In der anderen Signalstrecke 22 ist kein verzögerndes Element vorgesehen. Ein zweites Polarisations-splitter/combiner-Element 3, auf dessen Anschlüsse 31 und 32 die beiden Lichtsignale auftreffen, führt das verzögerte und das nicht verzögerte Signal wieder zusammen. Das zusammengeführte Signal tritt an dem Anschluß 33 des Elements 3 aus. Insoweit ist der Aufbau bekannt und dient zur Kompensation einer Polarisations-Moden-Dispersion erster Ordnung.

Zur Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung ist ein Element 4 vorgesehen, das mit dem aus dem Anschluß 33 austretenden Signal beaufschlagt wird, und das die Polarisations-Hauptachsen vor und hinter dem Element um einen geeigneten Winkel zueinander verdreht. Dieser Winkel kann insbesondere $22,5^\circ$ sein. Das aus dem Element 4 austretende Lichtsignal, dessen Polarisations-Hauptachsen um den genannten Winkel verdreht sind, beaufschlagt den Anschluß 34 des Elements 3.

Das Element 3 teilt das an seinem Anschluß 34 anstehende Signal derart auf, daß es über die Signalstrecken 31 und 32 wieder zu dem Element 1 zurückgeführt wird.

Das Polarisations-splitter/combiner-Element 1 führt die beiden Signale zusammen, das zusammengeführte Signal tritt an dem Anschluß 14 aus dem Element 1 aus, wobei es derart umgewandelt ist, daß es eine Polarisations-Moden-Dispersion erster und zweiter Ordnung kompensiert.

Vorstehend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels ohne Anwendbarkeit und Ausführbarkeit beschrieben worden. Selbstverständlich sind die verschiedensten Abwandlungen möglich. So ist es möglich, daß der Winkel, um den das Element die Polarisations-Hauptachsen gegeneinander verdreht, einstellbar ist. Zur Einstellung des Winkels können zwei PM-Fasern unter einem dem einzustellenden Winkel entsprechenden Winkel miteinander verspleist werden. Ferner können zur Einstellung des Winkels optische Schleifringe und/oder schrägstehende Wellenplatten eingesetzt werden.

Die Verzögerungsstrecke kann optisch oder elektrisch realisiert werden. Insbesondere ist es möglich, daß der Strahl in der Verzögerungsstrecke als Freistrahlführt wird, und daß die Weglänge geändert wird. Ferner können die Fasern als Verzögerungsstrecke zur Einstellung der Verzögerung mechanischen Kräften ausgesetzt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung zur Erzeugung einer vorgebbaren Polarisations-Moden-Dispersion, mit
 - einem ersten Polarisationsplitter/combiner-Element, das das ankommende Signal in zwei Signale mit zueinander senkrechter Polarisationsrichtung aufspaltet,
 - einer Verzögerungseinheit, die in einer der Signalstrecken der beiden (aufgespaltenen) Signale angeordnet ist,
 - einem zweiten Polarisationsplitter/combiner-Element, das die beiden getrennten Signale wieder zusammenführt,dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung ein Element vorgesehen ist, das die Polarisations-Hauptachsen vor und hinter dem Element um einen geeigneten Winkel zueinander verdreht, und daß das aus diesem Element austretende Lichtsignal in eine Anordnung eingespeist wird, die ebenfalls aus einem Polarisationsplitter/combiner-Element, einer Verzögerungsstrecke und einem weiteren Polarisationsplitter/combiner-Element zum Zusammenführen der beiden Signalstrecken besteht.
2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch **gekennzeichnet**, daß der Winkel, um den das

Element die Polarisations-Hauptachsen gegeneinander verdreht, einstellbar.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch **gekennzeichnet**, daß der Winkel ca. $22,5^\circ$ ist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch **gekennzeichnet**, daß der nicht benutzte Eingangsanschluß des zweiten Polarisationsplitter/combiner-Elements als Eingangsanschluß für das Signal dient,
daß dieses Signal dann die Verzögerungsstrecke und den ersten Polarisationsstrahlteiler in Gegenrichtung zum ankommenden Signal durchläuft, und
daß dieses Signal am vierten Tor des ersten Polarisationsplitter/combiner-Elements ausgekoppelt wird.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Verzögerungsstrecke optisch oder elektrisch realisiert wird.
6. Anordnung nach Anspruch 5,
dadurch **gekennzeichnet**, daß der Strahl in der Verzögerungsstrecke als Freistrahl geführt wird, und daß die Weglänge geändert wird.
7. Anordnung nach Anspruch 5,
dadurch **gekennzeichnet**, daß Fasern als Verzögerungsstrecke zur Einstellung der Verzögerung mechanischen Kräften ausgesetzt werden.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Einstellung des Winkels zwei PM-Fasern unter einem dem einzustellenden Winkel entsprechenden Winkel miteinander verspleist werden.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch **gekennzeichnet**, daß zur Einstellung des Winkels optische Schleifringe und/oder schrägstehende Wellenplatten eingesetzt werden.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch **gekennzeichnet**, daß die Polarisationssplitter/combiner-Elemente als PBS-Würfel oder als all-in-faser-Elemente ausgeführt sind.
11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch **gekennzeichnet**, daß alle Lichtwege polarisationserhaltend sind.
12. Anordnung nach Anspruch 11,
dadurch **gekennzeichnet**, daß Freistrahllwege und/oder PM-Fasern die Lichtwege bilden.

ZUSAMMENFASSUNG

Beschrieben wird eine Anordnung zur Erzeugung einer vorgebbaren Polarisations-Moden-Dispersion, mit

- einem ersten Polarisationsplitter/combiner-Element, das das ankommende Signal in zwei Signale mit zueinander senkrechter Polarisationsrichtung aufspaltet,
- einer Verzögerungseinheit, die in einer der Signalstrecken der beiden (aufgespaltenen) Signale angeordnet ist,
- einem zweiten Polarisationsplitter/combiner-Element, das die beiden getrennten Signale wieder zusammenführt.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß zur Erzeugung einer Polarisations-Moden-Dispersion zweiter Ordnung ein Element vorgesehen ist, das die Polarisations-Hauptachsen vor und hinter dem Element um einen geeigneten Winkel zueinander verdreht, und daß das aus diesem Element austretende Lichtsignal in eine Anordnung eingespeist wird, die ebenfalls aus einem Polarisationsplitter/combiner-Element, einer Verzögerungsstrecke und einem weiteren Polarisationsplitter/combiner-Element zum Zusammenführen der beiden Signalstrecken besteht.

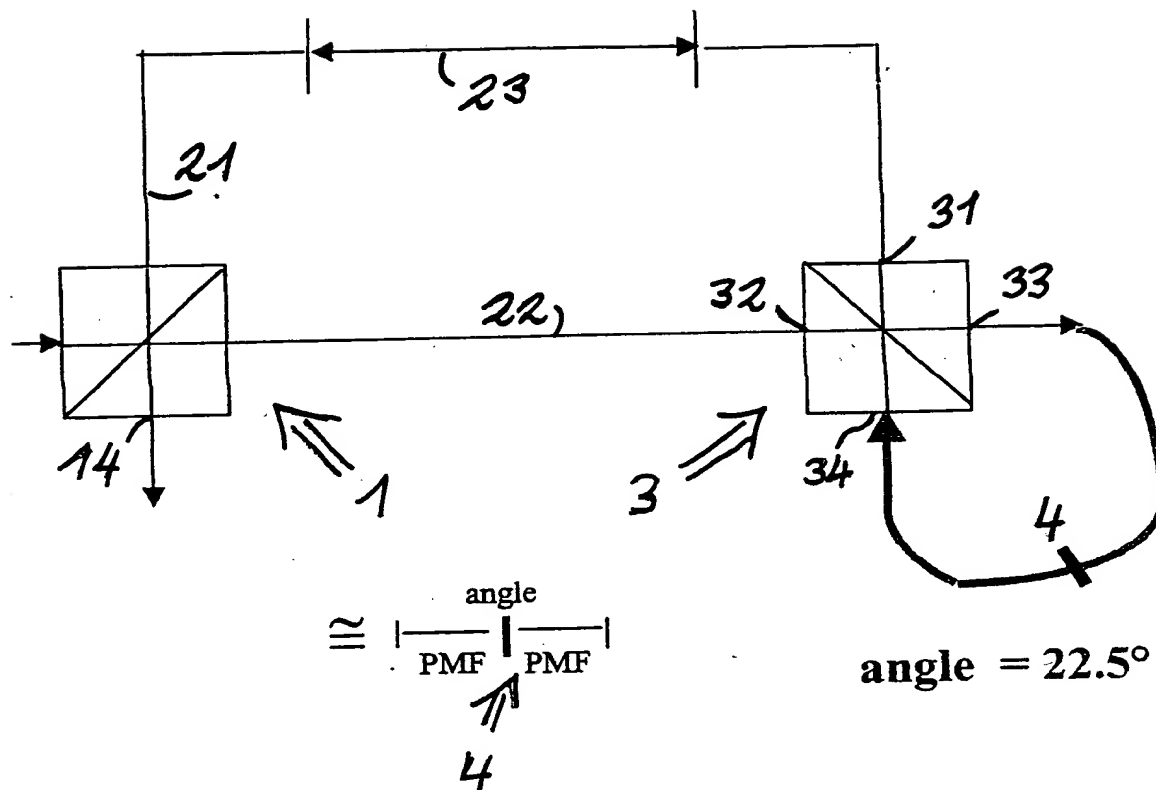


Fig.1